

Docket No.: 50395-219

PATENT

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

In re Application of : Customer Number: 20277  
Naoki NISHIYAMA : Confirmation Number:  
Serial No.: : Group Art Unit:  
Filed: August 05, 2003 : Examiner:  
For: AN OPTICAL RECEIVER AND METHOD FOR MANUFACTURING THE SAME

**CLAIM OF PRIORITY AND**  
**TRANSMITTAL OF CERTIFIED PRIORITY DOCUMENTS**

Mail Stop CPD  
Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

In accordance with the provisions of 35 U.S.C. 119, Applicant hereby claims the priority of:

**Japanese Patent Application No. 2002-227443, filed August 5, 2002**  
**Japanese Patent Application No. 2002-231923, filed August 8, 2002**

cited in the Declaration of the present application. Certified copies are submitted herewith.

Respectfully submitted,

MCDERMOTT, WILL & EMERY

  
Arthur J. Steiner  
Registration No. 26,106

600 13<sup>th</sup> Street, N.W.  
Washington, DC 20005-3096  
(202) 756-8000 AJS:mcw  
Facsimile: (202) 756-8087  
**Date: August 5, 2003**

50395-219

N. NISHIYAMA

August 5, 2003

日本特許庁

JAPAN PATENT OFFICE

*McDermott, Will & Emery*

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて  
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed  
with this Office

出願年月日

Date of Application:

2002年 8月 5日

出願番号

Application Number:

特願2002-227443

[ST.10/C]:

[JP2002-227443]

出願人

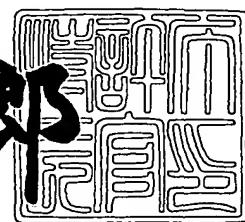
Applicant(s):

住友電気工業株式会社

2003年 3月24日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3019403

【書類名】 特許願  
【整理番号】 102Y0331  
【提出日】 平成14年 8月 5日  
【あて先】 特許庁長官殿  
【国際特許分類】 H04B 10/06  
【発明者】  
【住所又は居所】 神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電気工業株式会社  
社横浜製作所内  
【氏名】 西山 直樹  
【特許出願人】  
【識別番号】 000002130  
【氏名又は名称】 住友電気工業株式会社  
【代理人】  
【識別番号】 100088155  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 長谷川 芳樹  
【選任した代理人】  
【識別番号】 100089978  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 塩田 辰也  
【選任した代理人】  
【識別番号】 100092657  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 寺崎 史朗  
【選任した代理人】  
【識別番号】 100110582  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 柴田 昌聰

【選任した代理人】

【識別番号】 100113549

【弁理士】

【氏名又は名称】 鈴木 守

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 014708

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0106993

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光受信器、光送受信器及びその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項1】 アバランシェフォトダイオードと、

前記アバランシェフォトダイオードと接続され、前記アバランシェフォトダイオードに印加する電圧を発生させる電圧発生回路と、

第1の入力端子と第2の入力端子とを有し、前記第1の入力端子及び前記第2の入力端子に入力された電圧値に基づいて、前記電圧発生回路が発生させる電圧を制御する電圧制御回路と、

前記電圧発生回路の出力端子と前記電圧制御回路の第1の入力端子とに接続され、前記電圧発生回路の出力電圧に関する電圧値を前記電圧制御回路に入力する電圧検出回路と、

周辺の温度を検出する温度検出手段と、

前記電圧制御回路の第2の入力端子に接続されると共に、前記温度検出手段によって検出された温度に基づいて決定された基準電圧値のデジタル設定値をアナログ信号に変換して前記第2の入力端子に入力する基準電圧発生手段と、

を備えることを特徴とする光受信器。

【請求項2】 前記基準電圧発生手段と前記温度検出手段とは一体であることを特徴とする請求項1に記載の光受信器。

【請求項3】 前記電圧検出回路は、直列に接続された第1の抵抗手段と第2の抵抗手段とを有し、

前記第1の抵抗手段と前記第2の抵抗手段との接続点は前記電圧制御回路の第1の入力端子に接続され、前記第1の抵抗手段は前記電圧発生回路の出力端子に接続され、前記第2の抵抗手段は接地されていることを特徴とする請求項1又は2に記載の光受信器。

【請求項4】 前記基準電圧発生手段は、温度ごとにあらかじめ定められた設定値を有し、前記基準電圧発生手段は前記温度検出手段によって検出された温度に基づいて前記設定値を参照して基準電圧値を決定することを特徴とする請求項1～3のいずれか1項に記載の光受信器。

【請求項5】 前記基準電圧発生手段の設定値を外部から変更するためのデジタルインターフェースをさらに備えることを特徴とする請求項4に記載の光受信器。

【請求項6】 請求項1～5のいずれか1項に記載の光受信器を有することを特徴とする光送受信器。

【請求項7】 請求項4又は5に記載の光受信器を製造する製造方法であつて、

前記アバランシェフォトダイオードの増倍率が温度によらず一定となるように前記基準電圧発生手段の温度ごとの設定値を決定する設定値決定工程を有することを特徴とする光受信器の製造方法。

【請求項8】 前記設定値決定工程は、

実際に前記アバランシェフォトダイオードに光を入射して前記アバランシェフォトダイオードから出力される信号をモニタして、前記アバランシェフォトダイオードの増倍率が一定となるように、複数の所定温度における前記基準電圧発生手段の設定値を決定する工程と、

前記工程において決定された複数の所定温度における設定値に基づいて、前記所定温度以外の温度における設定値を近似する関数を求め、その関数によってすべての温度における設定値を決定する工程と、

を有することを特徴とする請求項7に記載の光受信器の製造方法。

【請求項9】 前記設定値決定工程は、適用される前記アバランシェフォトダイオードの温度特性に基づいて、前記アバランシェフォトダイオードの増倍率が一定となるように、前記基準電圧発生手段の設定値を算出して決定することを特徴とする請求項7に記載の光受信器の製造方法。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

##### 【発明の属する技術分野】

本発明は、アバランシェフォトダイオード (Avalanche Photodiode: 以下「APD」という) を有する光受信器、光送受信器、及びその製造方法に関し、特にAPDに印加するバイアス電圧を制御するものに関する。

【0002】

【従来の技術】

従来、光通信システムにおいては、受光素子としてA P Dを用いた光受信器が用いられる。A P Dは、信号光電流の増幅作用を有し、微弱な光信号を扱う光ファイバ通信システムの受光素子として必要不可欠である。

【0003】

ところで、A P Dは温度特性を有し、温度変動によって増倍率が変化する。従来の光受信器においては、温度変動による増倍率の変化を抑えるため、温度変動に合わせてバイアス電圧を変化させる技術が特開平11-284445号公報に開示されている。この公報に記載された増倍率制御回路40は、トランジスタやダイオード等の従来から温度特性を有することが知られているデバイスを用いて構成されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記した増倍率制御回路40は、温度によりデバイスの特性が変わることを利用したオープンループ制御方式であり、温度そのものを検出する方式ではないため、温度特性が増倍率制御回路40を構成するデバイスの特性に依存することとなり、バイアス電圧を自由に設定できないという問題があった。また、A P Dの温度特性は個体ごとに異なるので、この個体差を調整するために手動の可変抵抗が用いられているが、調整を簡単に行うことができないという問題があった。

【0005】

そこで、本発明は上記課題を解決し、バイアス電圧の温度特性を自由に設定できる光受信器、光送受信器、及びその製造方法を提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】

本発明に係る光受信器は、アバランシェフォトダイオードと、アバランシェフォトダイオードと接続され、アバランシェフォトダイオードに印加する電圧を発生させる電圧発生回路と、第1の入力端子と第2の入力端子とを有し、第1の入

力端子及び第2の入力端子に入力された電圧値に基づいて、電圧発生回路が発生させる電圧を制御する電圧制御回路と、電圧発生回路の出力端子と電圧制御回路の第1の入力端子とに接続され、電圧発生回路の出力電圧に関する電圧値を電圧制御回路に入力する電圧検出回路と、周辺の温度を検出する温度検出手段と、電圧制御回路の第2の入力端子に接続されると共に、温度検出手段によって検出された温度に基づいて決定された基準電圧値のデジタル設定値をアナログ信号に変換して第2の入力端子に入力する基準電圧発生手段と、を備えることを特徴とする。

## 【0007】

本発明に係る光受信器は、電圧制御回路が入力された基準電圧に基づいて電圧発生回路が出力する電圧を制御するが、電圧制御回路の第2の入力端子に接続された基準電圧発生手段は、温度検出手段によって検出された温度に基づいて基準電圧値を決定し、決定された電圧値のデジタル設定値をアナログ信号に変換して第2の入力端子に入力する。このように温度検出手段によって検出された温度に基づいて基準電圧発生手段が基準電圧値を決定しているので、アバランシェフォトダイオードに印加するバイアス電圧の温度特性を自由に設定することができる。

## 【0008】

上記光受信器において、基準電圧発生手段と温度検出手段とは一体であることを特徴としても良い。

## 【0009】

温度検出手段を有する基準電圧発生手段を用いることにより、回路構成、回路設計、及び電圧コントロールが容易となる。

## 【0010】

上記光受信器において、電圧検出回路は、直列に接続された第1の抵抗手段と第2の抵抗手段とを有し、第1の抵抗手段と第2の抵抗手段との接続点は電圧制御回路の第1の入力端子に接続され、第1の抵抗手段は電圧発生回路の出力端子に接続され、第2の抵抗手段は接地されていることを特徴としても良い。

## 【0011】

このように電圧発生回路の出力端子における電圧値を第1の抵抗手段と第2の抵抗手段とによって分圧し、電圧制御回路の第1の入力端子に入力することにより、電圧制御回路の第2の入力端子に入力する基準電圧を電圧発生回路からの出力電圧ほど高くしなくとも電圧制御回路による制御を行うことができ、基準電圧発生手段に過大な電圧値がかかることがないので好適である。

## 【0012】

上記光受信器において、基準電圧発生手段は、温度ごとにあらかじめ定められた設定値を有し、基準電圧発生手段は温度検出手段によって検出された温度に基づいて設定値を参照して基準電圧値を決定することを特徴としても良い。

## 【0013】

このような構成を採用することにより、温度ごとの基準電圧値を容易に設定することができる。

## 【0014】

上記光受信器は、基準電圧発生手段の設定値を外部から変更するためのデジタルインターフェースをさらに備えることを特徴としても良い。

## 【0015】

このような構成を採用することにより、基準電圧値の設定を容易に調整することができ、基準電圧発生手段の設定に汎用性を持たせることができる。また、小型の光受信器に用いられる場合には、光受信器を開いてドライバなどによって基準電圧発生手段の設定値を変更することは困難であるため、デジタルインターフェースを有することが特に有効である。

## 【0016】

本発明に係る光送受信器は、上記光受信器を有することを特徴とする。

## 【0017】

上記した光送信器を有する光送受信器は、温度の変動によらずA P Dの増倍率を一定にした光送受信器を実現することができる。

## 【0018】

本発明に係る光受信器の製造方法は、上記光受信器を製造する製造方法であって、アバランシェフォトダイオードの増倍率が温度によらず一定となるように基

準電圧発生手段の温度ごとの設定値を決定する設定値決定工程を有することを特徴とする。

### 【0019】

このようにA P Dの増倍率が温度によらず一定となるように基準電圧発生手段の設定値を決定する設定値決定工程を有することにより、上記した光受信器を製造することができる。設定値決定工程は、（1）実際にアバランシェフォトダイオードに光を入射してアバランシェフォトダイオードから出力される信号をモニタして、アバランシェフォトダイオードの増倍率が一定となるように、複数の所定温度における基準電圧発生手段の設定値を決定する工程と、上記工程において決定された複数の所定温度における設定値に基づいて、所定温度以外の温度における設定値を近似する関数を求め、その関数によってすべての温度における設定値を決定する工程と、を有する方法でも良いし、（2）設定値決定工程は、適用されるアバランシェフォトダイオードの温度特性に基づいて、アバランシェフォトダイオードの増倍率が一定となるように、基準電圧発生手段の設定値を算出して決定する方法でも良い。

### 【0020】

#### 【発明の実施の形態】

以下、図面と共に本発明に係る光受信器の好適な実施形態について詳細に説明する。なお、図面の説明においては同一要素には同一符号を付し、重複する説明を省略する。

### 【0021】

図1は、本発明の実施形態に係る光受信器10の構成を示す図である。光受信器10は、光を受光するA P D1と、A P D1に印加するバイアス電圧を発生させる高電圧発生回路2と、高電圧発生回路2に電力を供給するモジュール電源6と、高電圧発生回路2を制御する電圧比較制御回路4と、高電圧発生回路2によって発生された電圧をモニタする電圧検出回路3と、電圧比較制御回路4に入力される基準電圧を発生させる基準電圧発生手段としての機能を有するD/Aコンバータ5と、A P D1によって変換された電気信号を増幅する前置増幅器7とを

備えている。

## 【0022】

モジュール電源6は、高電圧発生回路2の入力端子 $2_1$ に接続されている。高電圧発生回路2の出力端子 $2_2$ はAPD1に接続され、高電圧発生回路2によって発生された電圧はAPD1を駆動させるバイアス電圧としてAPD1に印加される。電圧検出回路3は、入力端子 $3_1$ が高電圧発生回路2の出力端子 $2_2$ に接続され、出力端子 $3_2$ が電圧比較制御回路4の第1の入力端子 $4_1$ に接続されている。

## 【0023】

D/Aコンバータ5は、図示しない温度検出手段と、温度ごとの基準電圧値の設定値を格納したレジスタとを有し、温度検出手段によって検出された温度に基づいて、レジスタに設定された設定値を参照して基準電圧値を決定し、決定されたデジタル設定値をアナログ信号に変換して基準電圧を発生させる機能を有する。このようなD/Aコンバータ5の例としては、Dual Temperature-Controlled NV Digital-to-Analog Converters DS1851 (Dallas Semiconductor)がある。本実施形態において用いられるD/Aコンバータ5は、8ビットで出力電圧をコントロールし、レジスタ値 $R_g = 0$ で $2.500\text{V}$ 、レジスタ値 $R_g = 255$ で $1.500\text{V}$ の電圧を出力する。レジスタに設定される基準電圧値の情報は、APD1の増倍率が温度によらず一定となるようなバイアス電圧を印加するように電圧比較制御回路4を制御するための基準電圧値である。設定値の具体的な決定方法は、次に光受信器10の製造方法を説明する際に述べる。D/Aコンバータ5の出力端子 $5_1$ は、電圧比較制御回路4の第2の入力端子 $4_2$ に接続され、D/Aコンバータ5で発生された基準電圧は電圧比較制御回路4に入力される。なお、D/Aコンバータ5は、レジスタの設定値を外部から変更することができるデジタルインターフェースを有していることが好ましい。これにより、設定値の微調整を容易に行うことができる。

## 【0024】

電圧比較制御回路4は、第1の入力端子 $4_1$ と第2の入力端子 $4_2$ のそれぞれに入力された電圧値を比較し、比較結果に基づいて高電圧発生回路2から出力され

る電圧を制御する機能を有する。具体的には、第1の入力端子4<sub>1</sub>に入力された電圧値が、第2の入力端子4<sub>2</sub>に入力された基準電圧値より低い場合には、高電圧発生回路2から出力される電圧を高くし、第1の入力端子4<sub>1</sub>に入力された電圧値が、第2の入力端子4<sub>2</sub>に入力された基準電圧値より高い場合には、高電圧発生回路2から出力される電圧を低くする制御を行う。

## 【0025】

このような構成により、光受信器10は、高電圧発生回路2によって発生されたバイアス電圧の電圧値を電圧検出回路3によって検出し、検出された電圧値に基づく電圧値を電圧比較制御回路4に入力し、電圧比較制御回路4が高電圧発生回路2を制御するというクローズドループのフィードバック制御を実現している。

## 【0026】

電圧検出回路3は、第1の抵抗手段3aと第2の抵抗手段3bとが直列に接続されて構成されている。第1の抵抗手段3aは高電圧発生回路2の入力端子2<sub>1</sub>と接続され、第2の抵抗手段3bは接地されている。そして、第1の抵抗手段3aと第2の抵抗手段3bとの接続点3<sub>3</sub>が電圧検出回路3の出力端子3<sub>2</sub>とされ、電圧比較制御回路4の第1の入力端子4<sub>1</sub>に接続されている。ここで、第1の抵抗手段3aの抵抗値R<sub>3a</sub>は620kΩ、第2の抵抗手段3bの抵抗値R<sub>3b</sub>は20kΩである。

## 【0027】

続いて、実施形態に係る光受信器10の製造方法について説明する。高電圧発生回路2、電圧比較制御回路4、電圧検出回路3、D/Aコンバータ5、及びAPD1を接続する回路の製造は、従来と同じ方法で行われる。実施形態に係る光受信器10の製造方法は、D/Aコンバータ5にAPD1の温度特性に合わせた設定値を設定する工程を有する。ここで、D/Aコンバータ5の設定値の決定方法について説明する。

## 【0028】

ここでは、D/Aコンバータ5の設定値を決定する方法として、2つの方法について説明する。

## 【0029】

第1の方法では、製造された光受信器10に実際にAPD1に一定量の光を受光させ、そのときAPD1によって変換され出力される電気信号をモニタする。次に、受光量を一定に保った状態で、APD1の温度を変化させる。この際、APD1から出力される電気信号が一定となるようにAPD1に印加するバイアス電圧を調整する。バイアス電圧の調整は、D/Aコンバータ5が出力する基準電圧値を変化させることによって行う。例えば、APD1への光入力強度を-28 dBmとし、このときAPD1に流れる電流が $13\mu A$ となるようにD/Aコンバータ5が出力する基準電圧値を調整する。そして、温度を $70^{\circ}C$ 、 $-5^{\circ}C$ としたときのD/Aコンバータ5の基準電圧値を測定する。

## 【0030】

次に、測定された所定温度におけるD/Aコンバータ5の基準電圧値から、温度を任意に変化させたときに出力すべき基準電圧値を近似する関数を算出する。上記の測定の結果、 $70^{\circ}C$ のときバイアス電圧が62.9V、基準電圧が1.967V（レジスタ値 $Rg = 136$ ）、 $-5^{\circ}C$ のときバイアス電圧が55.5V、基準電圧が1.735V（ $Rg = 195$ ）であったとすると、例えば、D/Aコンバータ5が出力する基準電圧のレジスタ値を近似する関数として、

$$Rg = 191.09 - 0.787T$$

が求められる。そして、この関数に基づいて、 $-40^{\circ}C \sim 90^{\circ}C$ の範囲において4°C刻みでD/Aコンバータ5が出力すべき基準電圧値（設定値）を算出する。上記例では、2点においてD/Aコンバータ5の基準電圧値を測定しているが、測定ポイントを増やせば、より正確な関数を決定することができる。

## 【0031】

第2の方法は、光受信器10を構成するAPD1の特性から基準電圧値を計算によって算出する方法である。ここでは、APD1への光入力強度を-28dBmとし、このときAPD1に流れる電流が $13\mu A$ となるようにするAPD1へのバイアス電圧が、

$$V_{apd} = 56.0 + 0.1T \quad (T : ジャンクション温度、単位：摂氏) \cdots (1)$$

)

で表される温度特性を有するAPD1を用いた場合を例として、設定値の決定方法を説明する。

#### 【0032】

図1に示される回路から、APD1のバイアス電圧は、D/Aコンバータ5が  
出力する基準電圧をVrefとすれば、

$$V_{apd} = V_{ref} \times (R_{3a} + R_{3b}) / R_{3b} \cdots (2)$$

$$V_{ref} = 2.5 - Rg / 255 \cdots (3)$$

である。上記した式(1)～(3)より、

$$56.0 + 0.1T = (2.5 - Rg / 255) \times (R_{3a} + R_{3b}) / R_{3b}$$

という式を解くと、D/Aコンバータ5の各温度におけるレジスタ値を求める  
ことができる。この場合は、

$Rg = 191.25 - 0.797T$  (T: ジャンクション温度、単位: 摂氏)  
が得られる。そして、この関数に基づいて、-40°C～90°Cの範囲において4  
°C刻みでD/Aコンバータ5のレジスタ値Rgを算出する。

#### 【0033】

本実施形態に係る光受信器10は、高電圧発生回路2から出力される電圧検出  
回路3と、電圧検出回路3から入力された電圧値及び基準電圧値に基づいて高電  
圧発生回路2を制御する電圧比較制御回路4とを有し、基準電圧値は温度検出手  
段を有するD/Aコンバータ5から電圧比較制御回路4に入力される構成により  
、温度検出手段によって検出された温度に基づいて基準電圧値を変化させること  
ができる。これにより、APD1の温度特性に合わせてバイアス電圧を変えるこ  
とができる、APD1の増倍率を温度によらず一定に保つことができる。

#### 【0034】

また、本実施形態に係る製造方法によれば、温度変化によらず、増倍率を一定  
に保つことができる光受信器10を製造することができる。

#### 【0035】

以上、本発明に係る光受信器10及びその方法について、実施形態を挙げて詳  
細に説明したが、本発明は上記実施形態に限定されない。

#### 【0036】

上記実施形態においては、D/Aコンバータ5が温度検出手段を有しているが、D/Aコンバータ5と温度検出手段とを別々に構成し、温度検出手段によって検出した温度の情報をD/Aコンバータ5に伝えることとしても良い。

【0037】

また、上記実施形態では、光受信器10を例として説明したが、本発明を光送受信器及びその製造方法に適用することとしても良い。

【0038】

【発明の効果】

本発明によれば、光受信器は、電圧制御回路の第2の入力端子に接続された基準電圧発生手段を有し、基準電圧発生手段は温度検出手段によって検出された温度に基づいて基準電圧値のデジタル設定値を決定し、決定された電圧値のデジタル設定値をアナログ信号に変換して第2の入力端子に入力する。このように温度検出手段によって検出された温度に基づいて基準電圧発生手段が基準電圧を決定しているので、アバランシェフォトダイオードに印加するバイアス電圧の温度特性を自由に設定することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

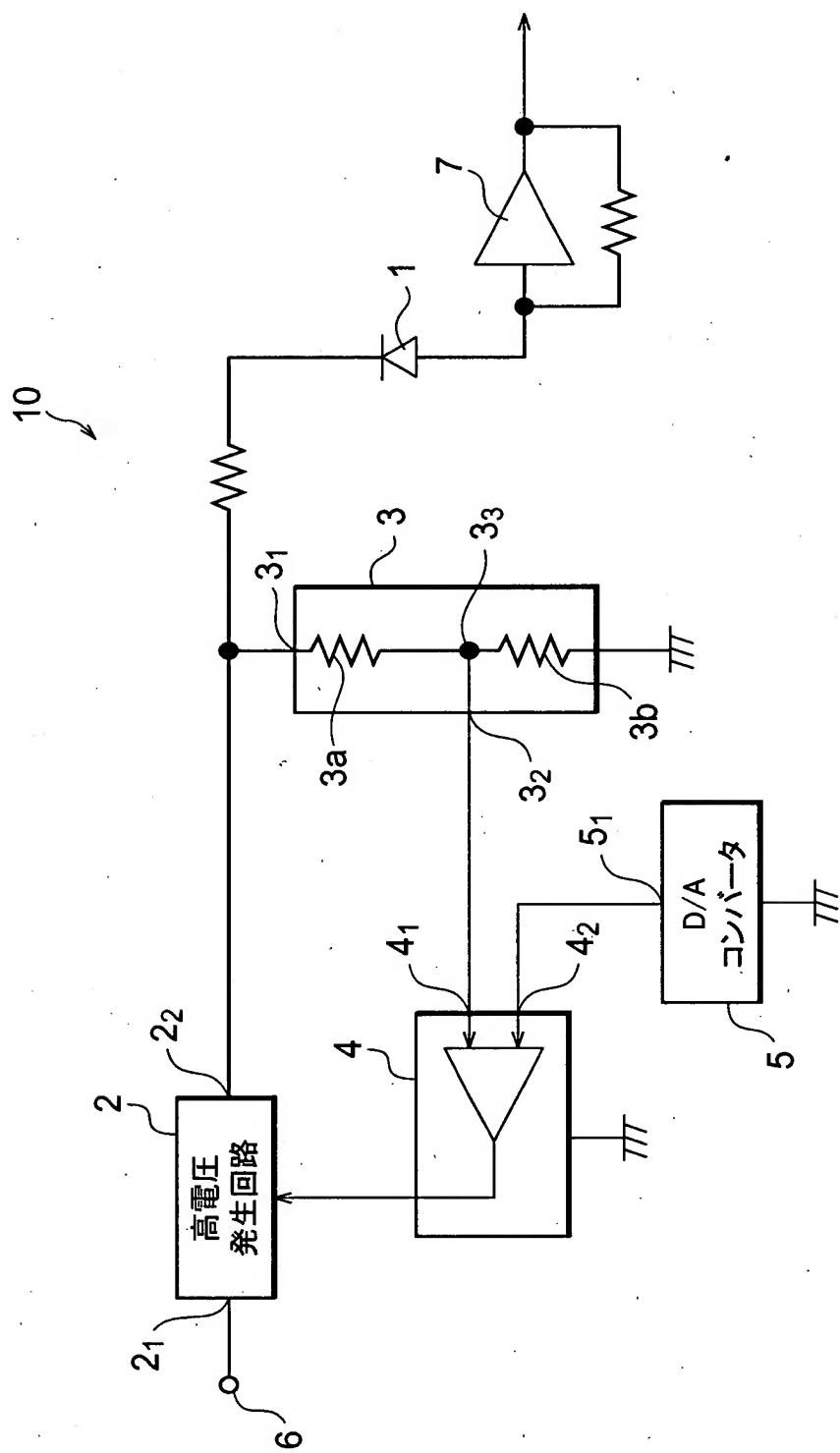
本発明の実施形態に係る光受信器の構成を示す図である。

【符号の説明】

1…A P D、2…高電圧発生回路、3…電圧検出回路、4…電圧比較制御回路、  
5…D/Aコンバータ、6…モジュール電源、7…前置増幅器。

【書類名】 図面

【図1】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 バイアス電圧の温度特性を自由に設定できる光受信器、光送受信器、及びその製造方法を提供する。

【解決手段】 本発明に係る光受信器は、APD1と、APD1と接続され、APD1に印加する電圧を発生させる高電圧発生回路2と、第1の入力端子4<sub>1</sub>と第2の入力端子4<sub>2</sub>とを有し、第1の入力端子4<sub>1</sub>及び第2の入力端子4<sub>2</sub>に入力された電圧値に基づいて、高電圧発生回路2が発生させる電圧を制御する電圧比較制御回路4と、高電圧発生回路2の出力端子2<sub>2</sub>と電圧比較制御回路4の第1の入力端子4<sub>1</sub>とに接続され、高電圧発生回路2の出力電圧に関する電圧値を電圧比較制御回路4に入力する電圧検出回路3と、周辺の温度を検出する温度検出手段と、電圧比較制御回路4の第2の入力端子4<sub>2</sub>に接続されると共に、温度検出手段によって検出された温度に基づいて決定された基準電圧値のデジタル設定値をアナログ信号に変換して第2の入力端子4<sub>2</sub>に入力するD/Aコンバータ5と、を備える。

【選択図】 図1

出願人履歴情報

識別番号 [000002130]

1. 変更年月日 1990年 8月29日

[変更理由] 新規登録

住 所 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号  
氏 名 住友電気工業株式会社